

扎龙国家级自然保护区人工喂养丹顶鹤雏鹤混群 野外行走运动训练的生物学效果初探

杨志宏^{1*}, 邹红菲², 邵淑丽¹, 郭立业³, 林春山³, 高忠燕³

(1. 齐齐哈尔大学生命科学与农林学院, 黑龙江齐齐哈尔 161006; 2. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040;
3. 黑龙江扎龙国家级自然保护区管理局, 黑龙江齐齐哈尔 161003)

摘要: 为提高扎龙国家级自然保护区人工喂养丹顶鹤 *Grus japonensis* 雏鹤发育初期混群野外行走运动训练的效果, 对其进行初步探讨和分析。本文以笼养种群人工喂养的 10 只雏鹤为研究对象, 测量其 7 日龄、14 日龄、21 日龄和 28 日龄这 4 个生长发育时间节点的体质量、跗蹠长度和摄入能量, 并对 21 日龄 10 只人工喂养雏鹤和 6 只野生雏鹤的体质量进行比较, 探讨和分析这种训练模式可能存在的问题。结果发现, 21 日龄的人工喂养雏鹤比野生雏鹤体质量显著增加 25.19% ($P < 0.05$), 跗蹠长度组间差异无统计学意义, 人工喂养雏鹤从 7 日龄、14 日龄、21 日龄至 28 日龄这 4 个生长发育时间节点的体质量、跗蹠长度和摄入能量依次呈现极显著的递增趋势 ($P < 0.01$)。保护区人工喂养雏鹤混群野外行走运动训练方法虽然切实可行, 但在木桶效应作用下, 混群或分组不当可能会使部分雏鹤的运动训练不能达到预期效果。建议雏鹤发育初期混群野外行走运动训练应以 14 日龄为界进行分组。

关键词: 丹顶鹤; 运动训练; 木桶效应; 扎龙国家级自然保护区

中图分类号: Q959.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083(2018)01-0030-05

Biological Efficacy of Walking Training on Artificial Feeding *Grus japonensis* Storks in Zhalong National Nature Reserve

YANG Zhihong^{1*}, ZOU Hongfei², SHAO Shuli¹, GUO Liye³, LIN Chunshan³, GAO Zhongyan³

(1. College of Life Science, Agriculture and Forestry, Qiqihaer University, Qiqihaer, Heilongjiang Province 161006, China;
2. College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;
3. Zhalong National Nature Reserve Administration Bureau, Qiqihaer, Heilongjiang Province 161003, China)

Abstract: To improve the effect of walk exercise training on field mixed group of artificial feeding red-crowned crane (*Grus japonensis*) storks in Zhalong National Nature Reserve, the biological efficacy of walking training was discussed and analyzed. Using 10 artificial feeding storks and 6 wild storks, the body mass, leg length and energy intake of artificial feeding storks were measured four times at 7, 14, 21 to 28 day-old time nodes, respectively, and the body mass between artificial feeding and wild storks in 21 day-old time node was also compared. The food of artificial feeding storks was crucian meat strips containing bones by scissors shearing, and feeding method was many times and adequate supply every day. The storks were weighted (0.01 kg) by electronic balance. The amount of supplied and residual food was weighed every day, and the caloric content of food intake was determined using an oxygen bomb calorimeter. We found that the body mass of artificial feeding storks was significantly increased 25.19% than that of wild storks ($P < 0.05$), and no significant difference of leg length was observed between storks at 21 day-old time node. The body mass, leg length and energy intake of 7, 14, 21 to 28 day-old artificial feeding storks showed an extremely significant increasing trend ($P < 0.01$), while the growth rates of body mass and leg length after 14 day-old were more than before. The disease of stork leg deformation happened in their

收稿日期:2017-03-16 接受日期:2017-11-30

基金项目:国家自然科学基金项目(31470016, 31070345); 黑龙江省自然科学基金项目(C2016059)

作者简介:杨志宏(1974—), 男, 博士, 副教授, 主要从事鸟类生理生态学和能量学研究

* 通信作者 Corresponding author, E-mail: yzh0452@163.com

rapid growth period may be associated with this exercise training mode. To summarize, although the mode of the mixed group walking training in the storks was feasible, we suggest that grouping should be adopted in storks at 14 day-old time node but avoiding overweight during their rapid growth.

Keywords: *Grus japonensis*; walking training; buckets effect; Zhalong National Nature Reserve

丹顶鹤 *Grus japonensis* 是隶属于鹤形目 Gruiformes 鹤科 Gruidae 的大型涉禽,为单配制早成鸟,国家 I 级重点保护野生鸟类,中国脊椎动物红色名录将其列为濒危(EN)物种(蒋志刚等,2016),世界自然保护联盟(IUCN)濒危物种红色名录濒危(EN)等级(BirdLife International,2016)。丹顶鹤为 K-选择物种,具有低繁殖率(野生丹顶鹤每对每年最多仅繁育 2 只雏鹤)和高繁殖成功率的特点。每年春季,野生丹顶鹤全家经越冬地长距离迁徙至繁殖地约 1 周后,亲代会驱赶分离子代,之后子代集结成亚成体群,而亲代则开始繁殖。丹顶鹤的繁殖需要经历交配(吴建平,2002)、筑巢(万冬梅等,2002;秦喜文等,2008)、产卵(吴建平,2002)、孵化(33 d)(马逸清,李晓民,2002)、育雏(李金录,金煜,1990)环节。丹顶鹤繁殖成功率取决于春季启动繁殖的时间、雏鹤生长发育和秋末雏鹤是否已经具备越冬迁徙飞行的能力等。其中,保障雏鹤快速生长发育是关键。

扎龙国家级自然保护区(123°37' ~ 123°47'E, 46°52' ~ 47°32'N)是中国北方同纬度地区中保留最完整、最原始、最开阔的湿地生态系统,也是丹顶鹤的主要繁殖地之一(邹红菲,吴庆明,2006;邹红菲等,2007)。保护区成立以来,在丹顶鹤的就地保护和种群扩增等方面已经做了大量工作。目前,保护区内已有笼养丹顶鹤 300 余只,每年成功繁育雏鹤近 50 只,且积累了比较丰富的育雏经验(王文锋等,2011)。

动物的生长发育与其运动密不可分,通过合理的运动训练可以促进新陈代谢、提高运动生理机能(包括平衡、行走和奔跑)、增强体质和确保正常的生长发育(金爱晶等,2000;杨冬辉等,2001;袁春华,陈佩杰,2003;袁春华等,2004;汪喆等,2005;王爱黎,2006)。保护区人工喂养雏鹤混群野外行走的运动训练方法是仿生于野生丹顶鹤育雏期间引领雏鹤野外游走。这种运动训练方法便于专人管理、减少工作量和有利于雏鹤对工作人员的口令

建立条件反射等。事实证明保护区的这种野外混群行走运动训练方式可行,但也存在不足之处。理由如下:1、人工喂养与野生丹顶鹤育雏不同,前者为不同日龄和处于不同发育阶段的多只雏鹤,后者最多是 2 只雏鹤(相差 1 日龄);2、近年来每年人工喂养雏鹤中少数个体发生跗蹠形变,可能与这一训练有关。为此,本文对保护区人工喂养雏鹤混群野外行走运动训练的生物学效果进行初步的探讨和分析。

1 研究背景

1.1 人工喂养雏鹤和野生雏鹤概况

丹顶鹤繁殖开始于每年 3 月中下旬,最早 4 月可见雏鹤,最晚的繁殖(孵化结束)止于 6 月末繁殖鹤对换羽前。野生丹顶鹤育雏(食谱范围较广),野外觅食存在许多不确定因素,雏鹤可能常处于饥饿或半饥饿状态,所以繁殖鹤家庭成员白天大部分时间内处于游走状态,这可能与觅食有关(吴庆明等,2007)。人工喂养雏鹤的食物是用剪刀剪取的鲫鱼(100 g 左右)肉条(含鱼刺),每日多次饲喂,食物供给充足;雏鹤出生后 1~7 d 在室内或笼舍内自由活动,7 d 后雏鹤开始野外混群行走运动训练;雏鹤出生时间几乎都不相同,通常需要分组和分批次进行饲喂和运动训练。

1.2 人工喂养雏鹤工作简介

人工喂养雏鹤工作主要包括准备和处理食物,及时处理笼舍内粪便,多频次和交替饲喂不同日龄雏鹤,野外混群行走运动训练每组每日 3~4 次。具有工作量大、责任大和工作时间长(白天约 13 h)的特点。工作人员需要有经验、有耐心、有爱心、了解雏鹤和肯吃苦(风吹、日晒和蚊虫叮咬等)。通常由 2 名工作人员以连续的口哨声(“嘟-嘟-嘟”)作为指令引领混群的雏鹤群体进行野外行走运动训练。运动训练的时间、运动量和运动强度均受控于工作人员,每次训练时间通常为 2~3 h 且往返距离为 $4.50 \text{ km} \pm 1.50 \text{ km}$ 。

1.3 研究方法

以保护区笼养繁殖丹顶鹤群体中最早出生的 10 只人工喂养雏鹤为实验对象, 雏鹤出生后环志标记, 测量雏鹤 7 日龄、14 日龄、21 日龄和 28 日龄这 4 个生长发育时间节点(跗蹠形变雏鹤多病发于 21 ~ 28 日龄) 的体质量、跗蹠长度和摄入能量。以保护区核心区内野化放归的 3 对繁殖丹顶鹤的 6 只野生雏鹤为研究对象, 考虑获得野生雏鹤数据较难和人工喂养雏鹤跗蹠发生形变个体最早发现为 21 日龄前后, 故仅测量野生雏鹤 21 日龄 ± 1 日龄的体质量和跗蹠长度, 与人工喂养雏鹤进行同日龄的参数比较。用直尺测量雏鹤跗蹠长度(± 0.10 cm), 用电子秤称量雏鹤体质量(± 0.01 kg)。体质量计算公式为 $A = B - C$, 其中, A 为雏鹤体质量、B 为雏鹤和特制布袋(避免雏鹤受伤) 质量、C 为特制布袋质量。摄入能量计算方法见杨志宏等(2017)。

1.4 统计分析

人工喂养雏鹤与野生雏鹤 21 日龄的体质量和跗蹠长度比较采用独立样本 *t*-检验分析。人工喂养雏鹤 7 日龄、14 日龄、21 日龄和 28 日龄的体质量、跗蹠长度及摄入能量的组间比较采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)。数据均以平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD) 表示, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 21 日龄雏鹤的体质量和跗蹠长度

21 日龄时, 人工喂养雏鹤的体质量($1.03 \text{ kg} \pm 0.06 \text{ kg}$) 比野生雏鹤($0.82 \text{ kg} \pm 0.11 \text{ kg}$) 显著增加 25.19% ($t = 6.628, df = 14, P = 0.012; n_{\text{野生}} = 6, n_{\text{人工}} = 10$)。

人工喂养雏鹤的跗蹠长度($20.05 \text{ cm} \pm 0.40 \text{ cm}$) 与野生雏鹤($20.18 \text{ cm} \pm 0.50 \text{ cm}$) 差异无统计学意义($t = -0.163, df = 14, P = 0.872; n_{\text{野生}} = 6, n_{\text{人工}} = 10$)。

2.2 4 个时间节点雏鹤的体质量、跗蹠长度和摄入能量

人工喂养雏鹤 7 日龄、14 日龄、21 日龄和 28 日龄这 4 个时间节点的体质量(图 1)、跗蹠长度(图 2) 和摄入能量(图 3) 均呈现出极显著的递增趋势 [$F_{(3, 35)} = 1.029.054, P = 0.001; F_{(3, 35)} = 501.406, P = 0.006; F_{(3, 35)} = 1.122.306, P = 0.001$]。

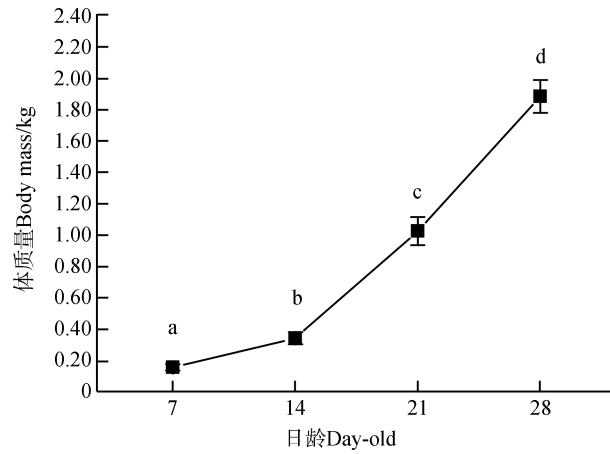


图 1 人工喂养雏鹤 4 个生长发育时间节点的体质量变化
Fig. 1 Body mass of artificial feeding *Grus japonensis* storks at 4 day-old time nodes

不同字母代表各日龄间差异有统计学意义; 下同
Different letters indicate there is a significant difference; the same below

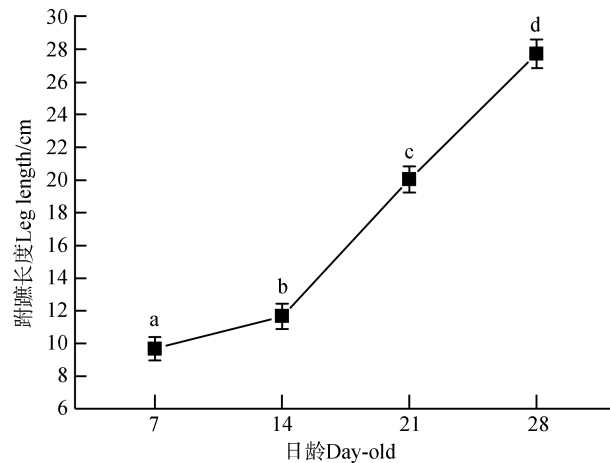


图 2 人工喂养雏鹤 4 个生长发育时间节点的跗蹠长度变化
Fig. 2 Leg length of artificial feeding *Grus japonensis* storks at 4 day-old time nodes

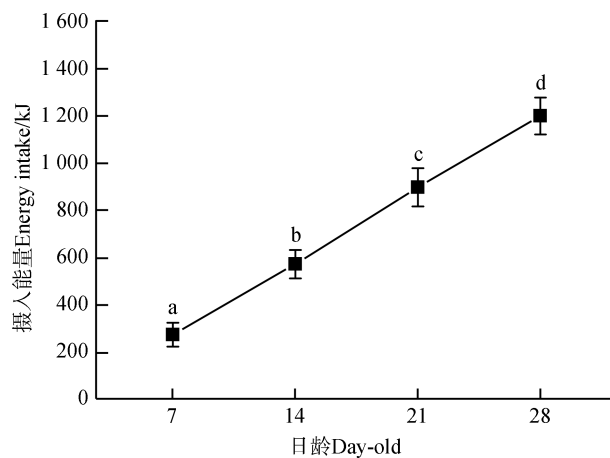


图 3 人工喂养雏鹤 4 个生长发育时间节点的摄入能量变化
Fig. 3 Energy intake of artificial feeding *Grus japonensis* storks at 4 day-old time nodes

3 讨论

3.1 人工喂养雏鹤与野生雏鹤的差异

人工喂养雏鹤与野生雏鹤在食物可获得性(杨志宏等,2015)、体质量、运动量和运动强度等方面均存在较大差异。首先,二者的运动量和运动强度不同。一方面,自然生境中野生丹顶鹤与雏鹤始终处于高度警戒状态,游走时多会选择相对难走但却有利于隐蔽(雏鹤)的路径,行走难度较大。与此相反,人工喂养雏鹤因有人看护而一直处于低警戒状态,为了便于看护常选择相对平坦的行走路径,行走难度远低于前者。另一方面,人为主观决定每次野外行走运动训练的时间和距离,而且人还需要考虑雏鹤的摄食需求(笼舍内)、小日龄雏鹤饲喂频次多和运动能力较弱等客观因素。相比野生雏鹤白天的游走,人工喂养雏鹤行走训练的时间和距离远不及前者。其次,二者的食物可获得性不同。野生丹顶鹤的食谱范围广(以鱼、虾、昆虫、软体动物、蝌蚪及水生植物的叶、茎、块根、球茎、果实等为食),但觅食存在许多不确定因素,雏鹤常会处于饥饿或半饥饿状态。相比之下,人工喂养雏鹤的食物(以鲫鱼为主)虽然单一,但却是足量和多频次供给,雏鹤通常不会处于饥饿状态。最后,二者21日龄的跗蹠长度组间差异无统计学意义,但体质量组间差异有统计学意义。本文认为,跗蹠长度组间差异无统计学意义能够间接反映出它们有相同的发育速度,而体质量组间差异有统计学意义应该与其食物可获得性、运动训练的运动量和运动强度的差异有关,同时也不能排除人工喂养雏鹤存在超重发育的可能性。所以,适当增加运动量应该会有利于人工喂养雏鹤发育初期的健康生长。

3.2 雏鹤野外混群行走运动训练的探讨和分析

人工喂养丹顶鹤雏鹤野外混群行走是一种切实可行的运动训练方式,但科学与否的关键在于如何混群或分组。丹顶鹤为早成鸟,不同日龄雏鹤的体特征如体型、体质量、跗蹠长度及其关节等都存在较大差异(李金录,金煜,1990;杨冬辉等,2001)。科学合理的运动训练应该能够促进雏鹤腿部肌肉、骨骼、跗蹠关节和爪(支撑和平衡)等生理机能的协同发育,不同的运动量和运动强度也会导致不同的发育效果。理论上,雏鹤生长发育过程中每条腿都应具有

独立支撑身体和保持平衡的能力,且双侧腿生长发育均衡,才能够满足其快速生长发育过程中站立、行走或奔跑的生理需求。随着日龄增长,雏鹤腿部的发育还必须同时获得体质量增长(重力增大)和跗蹠长度增加(重心上移)二者叠加所需要的生理机能。杨冬辉等(2001)早期研究发现,丹顶鹤雏鹤的早期生长发育阶段可划分为3个时期,第一时期(0~2周龄)是快速生长期,第二时期(3~7周龄)是急速生长期,第三时期是缓慢生长期(8~13周龄),且13周龄时各项体尺指标均达到成年鹤的86%以上,并呈现出体长较体宽发育快的特点。本文发现,人工喂养雏鹤在14日龄、21日龄和28日龄的体质量分别为7日龄的2.14倍、6.31倍和11.55倍,摄入能量分别为7日龄的2.08倍、3.25倍和4.34倍,跗蹠长度分别为7日龄的1.21倍、2.07倍和2.87倍,21日龄的人工喂养雏鹤与野生雏鹤跗蹠长度比较差异无统计学意义,这表明野外行走训练雏鹤个体的生长模式与同期自然环境中野生雏鹤个体的生长模式一致。雏鹤14~28日龄已进入急速生长期,其体质量增加和重心上移的生物学特征变化也会对其腿部骨骼和肌肉的生理机能提出更高要求。近几年,保护区人工喂养雏鹤群体中每年都会发生少数个体跗蹠形变和生长发育失败,且病变大多发生在雏鹤21~28日龄,所以这可能与其前期混群行走运动训练的生物学效果有关。混群行走运动训练中,当大日龄(14~28日龄)雏鹤的运动训练效果(包括运动量和运动强度)受限于小日龄(7~14日龄)雏鹤时,大日龄雏鹤双侧或单侧腿的发育可能会不及同期正常发育的生理机能预期,单侧腿部肌肉拉伤或跗蹠关节损伤的可能性将大幅增加,继之可能引发雏鹤跗蹠形变。雏鹤跗蹠形变一旦发生,很难补救,即发育失败。此外,超重可能也是导致人工喂养雏鹤跗蹠发生形变的重要诱因之一。

3.3 建议

人工喂养雏鹤野外行走是科学、有效和可行的运动训练方式。但是,一方面,人工喂养雏鹤与野生雏鹤在生态位等许多方面都不同,包括野外行(游)走时间和行走路线选择等,其运动训练的生物学效果应该有差异。另一方面,不同日龄雏鹤个体间体特征和摄入能量需求均差异较大,混群做相同的训练,收效必将不同。客观上,保护区这种混群的训练方

式却又符合木桶效应(或短板理论),即大日龄雏鹤的运动效果会受限于小日龄。事实上,急速生长期的雏鹤站立、行走或奔跑,其体质量增长、重心上移(身高)和摄食量增加等相叠加后对其跗蹠的支撑作用或其腿部肌肉的生理机能都有更高的要求,此时运动训练效果也相对更为重要。人工喂养雏鹤 14 日龄之后,其体质量和跗蹠长度的快速增长、跗蹠形变又多发生在 21~28 日龄,因此,混群行走运动训练应以雏鹤 14 日龄为界进行分组,这不仅有利于 14~28 日龄的雏鹤的运动训练达到或接近最佳效果,也有利于促使其体征变化与其生理机能相协调,从而减少或有效避免雏鹤发生跗蹠形变的可能。此外,保护区应该建立雏鹤发育各期标准体质量值与其健康体质量阈值方面的档案资料,定期监测雏鹤体质量,以尽量减少或避免雏鹤发育初期出现超重。

致谢:感谢扎龙国家级自然保护区管理局繁育中心全体工作人员的大力支持和帮助!

参考文献:

- 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 2016. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性, 24(5): 500-551.
- 金爱晶, Naughton G, 王耀光, 等. 2000. 青少年运动员早期专业化训练的生理学问题[J]. 体育科学, 20(6): 29-33.
- 李金录, 金煜. 1990. 丹顶鹤雏鸟生长发育的研究[J]. 生态学报, 10(2): 192-194.
- 马逸清, 李晓民. 2002. 丹顶鹤研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社: 6.
- 秦喜文, 张树清, 李晓峰, 等. 2008. 基于 Voronoi 图的丹顶鹤巢址空间格局分析[J]. 生态学杂志, 27(12): 2118-2122.
- 万冬梅, 高玮, 王秋雨, 等. 2002. 生境破碎化对丹顶鹤巢位选择的影响[J]. 应用生态学报, 13(5): 581-584.
- 汪喆, 魏勇, 于长江, 等. 2005. 青少年自行车运动员 6 周专项体能训练前后部分身体机能指标的变化[J]. 中国运动医学杂志, 24(5): 591-592.
- 王爱黎. 2006. 少年儿童运动员的体质特征与运动训练[J]. 冰雪运动, (6): 10-12.
- 王文锋, 高忠燕, 李长友, 等. 2011. 扎龙湿地丹顶鹤种群数量调查及保护[J]. 野生动物, 32(2): 80-82.
- 吴建平, 刘振生, 李晓民, 等. 2002. 扎龙保护区丹顶鹤繁殖行为观察[J]. 动物学杂志, 37(5): 42-46.
- 吴庆明, 张新刚, 于云飞. 2007. 扎龙保护区丹顶鹤育雏生境选择初探[J]. 野生动物杂志, 28(6): 8-10.
- 杨冬辉, 李拥军, 赵万里, 等. 2001. 丹顶鹤早期生长发育规律的初步研究[J]. 江苏农业研究, 22(1): 58-62.
- 杨志宏, 邹红菲, 高忠燕, 等. 2015. 食物可获得性对冬季丹顶鹤能量收支的影响——以扎龙自然保护区人工辅助繁育丹顶鹤为例[J]. 生态学报, 35(13): 4408-4415.
- 杨志宏, 邹红菲, 邵淑丽, 等. 2017. 扎龙国家级自然保护区冬季笼养丹顶鹤与白枕鹤种间适合度的比较[J]. 四川动物, 36(1): 87-93.
- 袁春华, 陈佩杰, 陈敏雄. 2004. 男性青少年骨密度与下肢跳跃能力的关系及运动训练对其影响[J]. 体育学刊, 11(6): 39-41.
- 袁春华, 陈佩杰. 2003. 男性青少年骨密度与身体形态学指标的关系及运动训练对其影响[J]. 中国运动医学杂志, 22(5): 499-502.
- 邹红菲, 吴庆明, 史蓉红. 2007. 扎龙湿地恢复初期丹顶鹤孵化期觅食生境选择[J]. 东北林业大学学报, 35(7): 55-58.
- 邹红菲, 吴庆明. 2006. 扎龙湿地丹顶鹤和白枕鹤求偶期觅食生境对比分析[J]. 应用生态学报, 17(3): 444-449.
- BirdLife International. 2016. *Grus japonensis* [DB/OL]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T22692167A93339099.